

рые позволили бы свести воедино данные о возможностях развития интеграционных связей Беларуси и России с максимальным использованием потенциалов ее регионов.

Для удобства оценки в настоящем исследовании были взяты 79 российских регионов (автономные округа не выделялись из состава краев или областей). Расчеты ряда социально-экономических показателей также не производились для Чеченской Республики, хотя в число ранжируемых регионов она включена.

В результате проведенных расчетов по интеграционному потенциалу белорусско-российских экономических связей можно выделить пять типов российских регионов (таблица).

Произведенная типология является основой разработанной экономико-географической пространственно-поэтапной концептуальной модели формирования единого экономического пространства в границах Беларуси и России, которая базируется на возможности максимальной реализации эффекта ГРТ.

1. Гранберг, А.С. // Регион: экономика и социология. 2004. № 1. С. 64.

2. Механизм межрегионального экономического сотрудничества Беларуси и России / Т.С. Вертинская, О.С. Брозовская, М.В. Марусенко и др. Мн., 2003. С. 45.

3. Экономика региона / В.И. Борисевич, П.С. Гейзлер, В.С. Фатеев и др.; Под ред. В.И. Борисевича. Мн., 2002. С. 246.

4. Дмитриева, О.Г. Региональная экономическая диагностика. СПб., 1992.

Поступила в редакцию 15.02.05.

**Светлана Георгиевна Иотко** - научный сотрудник НИЭИ, Министерства экономики Республики Беларусь.

УДК 551.21(476)

В.Э. КУТЫРЛО

## ГАЗОДИНАМИЧЕСКИ ОПАСНЫЕ ЗОНЫ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Gas dynamic phenomena (GDPH) in industrial potash horizons of the deposit Starobin and geological conditions are considered. It is shown GDPH are determined by local geological infringements such as mold of the immersions, most typical of which is resulted. Hypotheses of possible formation of zones dangerous on GDPH are analysed.

Отработка Старобинского месторождения калийных и каменных солей осложнена различными негативными процессами, главными из которых являются газодинамические явления (ГДЯ). В пределах Старобинского месторождения они хорошо классифицируются согласно характеру проявления на следующие типы: 1) внезапные выбросы соли и газа, сопровождающиеся потрескиванием горного массива, изменением цвета соли, появлением геологических трещин, локальным сотрясанием массива, воздушной волной и выделением газа; 2) эманации газа из почвы, стенок или забоя горных выработок при работе очистного комбайна и бурении шпуров; 3) обрушение соляных горных пород с выделением газа. Третий тип является комбинированным, так как к давлению собственно газа как фактор прибавляется горное давление, которое и имеет решающее значение [1].

В связи с тем, что газодинамические процессы - результат постседиментационных изменений, а также наблюдающейся тесной связью их с геологическими условиями (петрографическим и минералогическим составом калийных горизонтов), имеет смысл рассматривать не сами ГДЯ (которые достаточно тяжело анализировать), а обстановки, при которых они могут проявляться. Это так называемые статические объекты научной рефлексии (строение горного массива, изменение геологических нарушений).

Эмпирические данные позволяют установить определенную связь между газодинамическими явлениями и геологическими условиями залегания, строением и минералого-петрографическим составом пород III калийного горизонта, к которому приурочены почти все проявления ГДЯ (таблица). С этим калийным

горизонтом связано около 85 % запасов калийных руд, поэтому исследования ГДЯ приобретают определенную актуальность. Глубина залегания горизонта варьирует от 350 до 900 м, мощность - от 4,8 до 27 м. Разрез имеет трехпластовое строение: 1 - нижний сильвинитовый пласт (мощностью 2-6 м), 2 - глинисто-карналлитовый (4-20 м), 3 - верхний сильвинитовый (2,5-4,4 м).

**Распределение геологических нарушений, опасных по внезапным выбросам соли и газа и ГДЯ, по шахтным полям ПО «Беларуськалий»**

Геологические нарушения и газодинамические явления	Рудоуправление				Всего
	1	2	3	4	
<b>Геологические нарушения типа мульда, всего</b>	<b>51</b>	<b>43</b>	<b>92</b>	<b>59</b>	<b>246</b>
В том числе:					
выброс произошел самопроизвольно в процессе проведения горных работ (собственно ГДЯ)	2	0	3	0	5
выброс произошел в результате инициирования (искусственно вызванные ГДЯ)	12	13	16	0	41
выброс не произошел	36	30	35	42	144
оставленные в массиве (в целиках)	1	0	38	17	56
<b>Обрушения пород с кровли, всего</b>	<b>78</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>102</b>
В том числе где не было:					
мелкого дренажа	14				14
глубокого дренажа	2				2
никакого дренажа	60		5		65
в выработках с дренажем	2				2
<b>Отжим (ГДЯ), всего</b>	<b>21</b>	<b>49</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>85</b>
В том числе:					
из забоя выработки	20	45	14		79
из боковых стенок выработки	1	4	1	0	6
<b>Выброс пород из почвы (ГДЯ)</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>
<b>Геологическое нарушение типа «бугор вспучивания»</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

Нижний сильвинитовый пласт разрабатывается. В нем выделяют четыре калийных слоя. Мощность 1-го колеблется от 0,13 до 0,4 м, 2-го - от 0,45 до 0,96, 3-го - от 0,43 до 1,16, 4-го - от 0,65 до 1,6 м. Калийные слои представлены чередованием прослоев сильвинита, каменной соли и галопелитов. Промышленное значение имеют 2-, 3- и 4-й сильвинитовые слои. Содержание KCl в них составляет 25,34-56,81 %, нерастворимого остатка - 0,85-10 %; количество MgCl не превышает 0,25 %. Отрабатываются руды 2-го и 3-го сильвинитового слоев, а на участках с благоприятными геологическими условиями (где нет потенциально выбросоопасных нарушений) вынимается также и 4-й калийный слой. Если существует большая вероятность наличия зон ГДЯ, 4-й слой не отрабатывается, а оставляется как охранный буфер в почве глинисто-карналлитового пласта. Этот пласт сложен неравномерно чередующимися слоями и прослоями галопелитов, каменной соли, сильвин-галит-карналлитовых и карналлитовых пород и сильвинитов. Специфика глинисто-карналлитового пласта делает его основным объектом научной рефлексии при изучении ГДЯ. В пласте выделяется до шести слоев карналлитовой породы, которая по простиранию замещается смешанными породами сильвин-карналлит-галитового состава и каменной солью. Карналлитовая порода красная, красно-бурая с характерным золотистым оттенком. Текстура в основном брекчиевидная, структура разнотекстурированная с неровными краями зерен карналлита. В составе нерастворимого в воде остатка породы присутствуют доломит, кальцит, ангидрит. Прослои каменной соли имеют полосчатую микротекстуру, обусловленную чередованием полос различных по размеру зерен галита и наличием прослоев галопелита. Галопелиты серые, светло-серые, местами с голубым оттенком; обычно разбиты многочисленными трещинами, заполненными галитом, сильвинитом и карналлитом. Кроме того, эти минералы образуют отдельные включения или скопления неправильной формы в прослоях галопелитов. Галопелитовые слойки с трещинами являются хорошими флюидопроводниками, по которым идет миграция свободного

газа, что способствует газонакоплению. Различные коллекторские свойства глинистых слоев обуславливают неравномерное, «пятнистое» распространение газонакоплений.

Статистические данные показывают, что в 57 % ГДЯ связаны с прямыми геологическими нарушениями, такими как мульды погружения, которые, вероятно, и являются главными выбросоопасными участками (зонами, опасными по ГДЯ) (рис. 1). Пространственной (математической) каузальности в локализации мульд погружения не выявлено. Появлению мульды в штреке предшествует резкое погружение силвинитовых слоев под углом 20-80°, замещение силвинита каменной солью, карналлитом, глинисто-карналлитовой породой, увеличение количества и мощности глинистых прослоев. К центральным частям мульд также приурочены брекчированные зоны, в которых преобладают глинистые породы без видимой слоистости [2, 3]. Интенсивность внезапных выбросов из таких мульд погружения находится в каузальных отношениях с вертикальной локализацией полостей выброса. Полости малой глубины приурочены к 3-4-му и 4-му слоям, средней и большой - к 5-6-му слоям и глинисто-карналлитовому пласту.

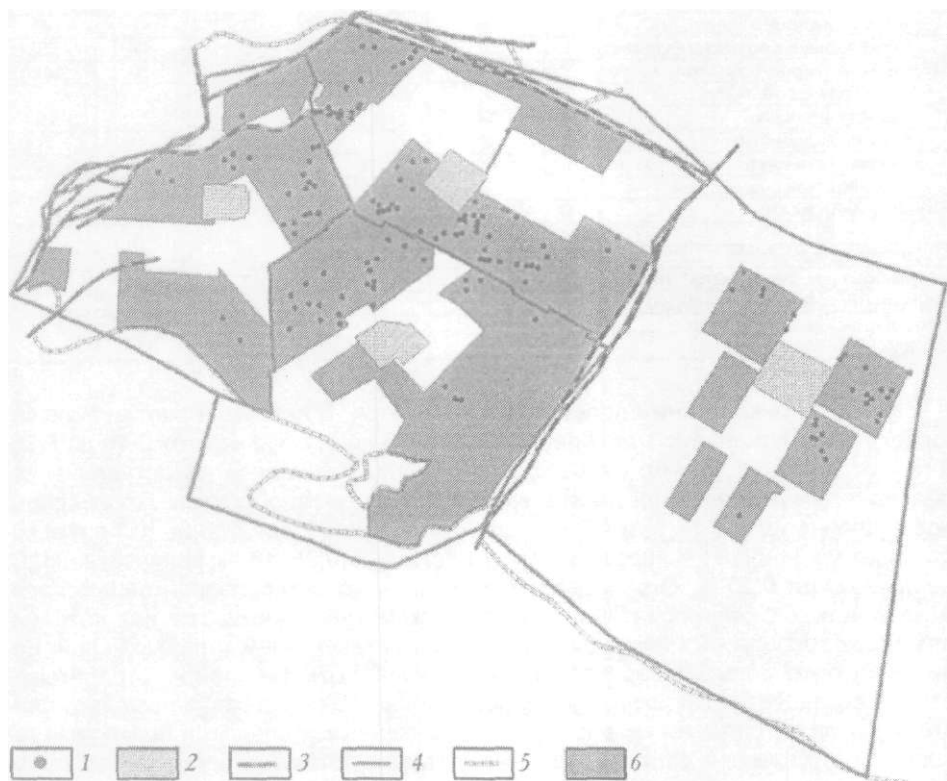


Рис. 1. Модель локализации мульд погружения на Старобинском месторождении (на основе GIS программы Arcview 3.2):

1 - мульды погружения, 2 - шахтные целики, 3 - тектонические разломы, 4 - границы шахтных полей, 5 - граница выклинивания III калийного горизонта, 6 - отработанные участки

Одна из характерных мульд погружения была вскрыта в 2001 г. в пределах первого шахтного поля на очистной выемке 4-го силвинитового слоя юго-восточного участка горизонта -430 м забоем лавы № 49 (рис. 2). Размах крыльев мульды - 20-25 м, углы падения 4-го силвинитового слоя - 4-5° на флангах, 15-20° в центре мульды. Величина стрелы прогиба в приосевой ее части составила 0,28-0,5 м. Центральная часть мульды была заполнена брекчированными глинисто-карналлитовыми породами и оперялась короткими радиальными трещинами, выполненными карналлитом.

При инициировании мульды произошел выброс газа и породы интенсивностью 365 т. Призобойное пространство лавы № 49 в месте выброса оказалось

до самой кровли забито выброшенной породой глинисто-карналлитового состава. Разлет обломков породы достигал места соединения лавы с конвейерным штреком. В массиве образовалась полость выброса глубиной 9, шириной 7, высотой 3-6 м. Эта полость размещалась в горизонтальной плоскости на уровне 4-го сильвинитового слоя и была осложнена куполом, который образовался в результате обрушения ее кровли после выноса породы. Горловина полости выброса в забое лавы имела размеры 1х1 м. Породы по ее стенкам были представлены чередующимися галопелитовыми и карналлитовыми прослоями в виде синклинальной складки с углом падения крыльев 20-30° в сторону замковой части. В купольной части полости отмечены многочисленные короткие радиальные трещины, выполненные карналлитом.



Вероятные причины возникновения ГДЯ: давление заключенного в горных породах газа, горное давление, буровзрывные работы [4]. Гипотетические конструкции генезиса опасных по ГДЯ участков, предложенные для Старобинского месторождения, можно условно поделить на следующие виды [5-7]: 1) диапировая гипотеза (Д.П. Петухов, И.А. Одесский); 2) астроблемная (В.В. Мещеревков); 3) седиментационная (А.Е. Ходьков); 4) тектоническая (Е.В. Петров).

К сожалению, вплотную генезисом таких выбросоопасных участков, как мульды погружения, никто не занимался, поэтому названные гипотезы носят конспективный характер. Гипотезы ad hoc, которые объясняют механизм и генезис возникновения выбросоопасных участков, предложены П. Маркграфом, К. Тома, С.С. Андрейко. Последний предпринял попытку создать первую полноценную гипотетическую конструкцию, руководствуясь флюидогеодинamikой. Согласно его катагенетической гипотезе [8] в толще пород, подстилающих III калийный горизонт (глинисто-мергелистые отложения), существовали источники агрессивных водных растворов. Данные растворы мигрировали по ослабленным трещиноватым зонам, образуя заполненные свободным газом полости в глинисто-карналлитовом пласте. Однако гипотеза С.С. Андрейко, которую он поспешно назвал теорией, имеет некоторые недостатки: на наш взгляд, она слабо отображает геологические данные, а подача и объяснение эмпирии носят эклектический характер.

Таким образом, следует признать, что на сегодняшний день нет хорошей, верифицируемой на практике теории происхождения мульд погружения. Поэтому первоочередной задачей является выяснение связи локализации зон, опасных по ГДЯ, с содержанием карналлита, галита и сильвина в глинисто-карналлитовом и нижнем сильвинитовом пластах. Необходимо также рассмотреть условия образования сильвинитов и карналлитовых пород третьего калийного горизонта, провести литолого-фациальное и палеогидрогеологическое моделирование.

1. Проскуряков, Р.С., Пермяков, Н.М. Внезапные выбросы соли и газа. П., 1972
2. Одесский, И.А., Кокорева, К.Л. //Условия образования месторождений калийных солей. Новосибирск, 1990. С. 109.
3. Протопопов, А.П. // Условия образования месторождений калийных солей. Новосибирск, 1990. С. 119.
4. Полянина, Г.Д. Выбор и исследование метода борьбы с газодинамическими явлениями на Верхнекамских калийных рудниках: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Кемерово, 1968.
5. Петухов, Д.И., Одесский, И.А., Кокорева, К.Л. и др. //Сов. геология. 1990. № 9. С. 49.

6. Мещеряков, В.В. // Химия и жизнь. 1982. № 10. С. 35.  
7. Козлов, С.С., Сорокин, В.А., Варламов, А.А. и др. // Геология месторождений калийных солей и их разведка: Тр. ВНИИГ. Л., 1973. Вып. 63. С. 72.  
8. Андрейко, С.С. Газодинамические явления в калийных рудниках: генезис, прогноз, управление: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Пермь, 1999.

Поступила в редакцию 29.09.04.

**Виталий Эдуардович Кутырло** - аспирант кафедры динамической геологии. Научный руководитель - доктор геолого-минералогических наук, профессор Э.А. Высоцкий.

УДК 911.2+550.4+631.61

Г. И. МАРЦИНКЕВИЧ, А. Д. ШКАРУБО

## ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ г. МОГИЛЕВА

The paper looks at the results of previous geochemical study done in the city of Mahilyow (Belarus) from the perspectives of landscape geochemistry. It offers interpretation of indexes of local concentration calculated for Zn, Cu, Ni, Cr, Co, Pb, Mn, Fe, Cd and Sr in eight landscape-geochemical systems. Highest concentrations are found in super-aquatic, eluvial and transeluvial geochemical landscapes.

С середины 1970-х гг. города как территории особенно интенсивных и разнообразных проявлений техногенеза начали привлекать пристальное внимание геохимиков, что привело к формированию нового научного направления - поисковой геохимии и геохимии ландшафтов, которое возглавили ИМГРЭ АН СССР (затем РАН) и геофак МГУ [1-5]. В Беларуси экогеохимические исследования городов были инициированы в 1980-х гг. Институтом геохимии и геофизики АН БССР. В настоящее время Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси наиболее систематично и последовательно занимается разработкой данной тематики [6]. Несмотря на это, многие вопросы миграции и накопления химических элементов в ландшафтах городов остаются открытыми до сих пор, что подтверждает актуальность дальнейшего изучения проблемы.

Целью настоящей работы является анализ накопления тяжелых металлов в ландшафтно-геохимических системах (ЛГС) городской территории. Особое внимание уделяется элементарным геохимическим ландшафтам, обычно остающимся вне поля зрения исследователей экогеохимии городов. В основу данной работы положены результаты площадного геохимического картирования и профилирования по десяти трассам, проложенным через центр г. Могилева и вкрест простирания р. Днепр и долин малых рек для наибольшего охвата разнообразных ландшафтных ситуаций и функциональных зон.

Структура ПТК г. Могилева подробно описана в [7]. В соответствии с факторами миграции химических элементов на территории города было выделено 10 видов ЛГС (рис. 1). Наименьшую площадь занимают *аквальные* ЛГС, приуроченные к руслам р. Днепр и малых водотоков - рек Дубровенка, Дебра, Струшня, а также к прудам на р. Дубровенка и бессточному Святому озеру на надпойменной террасе Днепра. В пределах долины р. Днепр выделены также *трансупераквальные* ЛГС низкой поймы, высокой поймы, пойменных грив и прирусловых валов и *элювиально-аккумулятивные* речных террас. На водораздельных территориях находятся следующие виды ЛГС: *элювиальные*, распространенные в пределах вторично-моренных ПТК, *трансэлювиальные* плакоров, приуроченные к вторично-моренным и вторично-водноледниковым ПТК, а также *аккумулятивно-элювиальные* локальных депрессий, соответствующие озерно-аллювиальным ландшафтам юго-восточной части города и замкнутым депрессиям на вторично-водноледниковых ландшафтах его западной окраины; в пределах плакора выделены *трансакумулятивные* ЛГС оврагов, балок и долин малых рек и *трансэлювиально-аккумулятивные* конусов выноса.

Средние для ЛГС города концентрации подвижных форм металлов приведены в таблице. Накопление элементов иллюстрируют коэффициенты техноген-